

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7699600号
(P7699600)

(45)発行日 令和7年6月27日(2025.6.27)

(24)登録日 令和7年6月19日(2025.6.19)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/3065(2006.01)

H 0 1 L 21/302 1 0 1 B

H 0 5 H 1/46 (2006.01)

H 0 5 H 1/46 M

請求項の数 20 (全29頁)

(21)出願番号	特願2022-548103(P2022-548103)	(73)特許権者	592010081
(86)(22)出願日	令和3年2月2日(2021.2.2)		ラム リサーチ コーポレーション
(65)公表番号	特表2023-513225(P2023-513225 A)		L A M R E S E A R C H C O R P O R A T I O N
(43)公表日	令和5年3月30日(2023.3.30)		アメリカ合衆国, カリフォルニア 9 4
(86)国際出願番号	PCT/US2021/016267		5 3 8 , フレモント, クッシング パー
(87)国際公開番号	WO2021/162895		クウェイ 4 6 5 0
(87)国際公開日	令和3年8月19日(2021.8.19)	(74)代理人	110000028
審査請求日	令和5年12月15日(2023.12.15)		弁理士法人明成国際特許事務所
(31)優先権主張番号	62/972,479	(72)発明者	ホランド・ジョン
(32)優先日	令和2年2月10日(2020.2.10)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		5 3 8 フレモント, クッシング・パー
		(72)発明者	クウェイ, 4 6 5 0
			ビオトロフスキー・ステファン・ケー.
			アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 傾斜制御のためのエッジプラズマ密度の調整可能性

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

内面を有する環状垂直側壁を有するプラズマ閉じ込め構造体と共に用いるためのプラズマライニング構造体であって、

前記側壁の前記内面の少なくとも1つ以上の部分に適合し、覆うように構成されている複数のセクションであって、プラズマライニング構造体および前記プラズマ閉じ込め構造体が処理チャンバ内に配置されたときに前記複数のセクションがプラズマ領域に直面するように、前記処理チャンバの前記プラズマ領域と前記側壁との間に位置するように構成されている、複数のセクションを備え、

一対の隣接するセクションは、その間に位置するギャップを画定するように構成され、前記ギャップは、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させる、プラズマライニング構造体。

【請求項2】

請求項1に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記複数のセクションの各セクションは、円弧状である、プラズマライニング構造体。

【請求項3】

請求項1に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記複数のセクションは、前記側壁の前記内面の全体を実質的に覆うリングを形成するように構成され、

各対の隣接するセクションは、連結境界面で互いに結合される、プラズマライニング構

造体。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

各セクションはさらに、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させるように構成されている 1 つ以上の窓を含み、前記 1 つ以上の窓によって露出された前記対応する部分は、前記側壁を介して接地へのプラズマの直接経路を提供する、プラズマライニング構造体。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は、上部と、前記側壁を表す垂直部と、底部とを有する C シュラウドであり、

前記複数のセクションの各々は、前記垂直部を覆うように構成されている垂直セグメントと、前記上部の裏面を覆うように構成されている上部セグメントと、前記底部の上面を覆うように構成されている底部セグメントと、を含む複数のセグメントを含む、プラズマライニング構造体。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のプラズマライニング構造体であって、

各セクションの前記底部セグメントは、前記 C シュラウドの前記底部に画定されている対応するスロットに位置の合う複数のライナスロットを含み、プラズマが前記プラズマ領域から逃げるための障害のない経路を提供するように構成される、プラズマライニング構造体。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は、アルミニウムおよびシリコンの少なくとも一方からなり、前記プラズマライニング構造体は、誘電体材料および石英の少なくとも一方からなる、プラズマライニング構造体。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は、上部と、前記側壁を表す垂直部と、底部とを有する C シュラウドであり、

前記複数のセクションの各々は、前記垂直部を覆うように構成されている垂直セグメントと、前記上部の裏面を覆うように構成されている上部セグメントと、を含む複数のセグメントを含む、プラズマライニング構造体。

【請求項 9】

請求項 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は、上部と、前記側壁を表す垂直部と、底部とを有する C シュラウドであり、

前記複数のセクションの各々は、前記垂直部を覆うように構成されている垂直セグメントと、前記底部の上面を覆うように構成されている底部セグメントと、を含む複数のセグメントを含み、前記底部セグメントは、前記底部に画定されている対応するスロットに位置が合う複数のライナスロットを含む、プラズマライニング構造体。

【請求項 10】

請求項 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記複数のセクションは、前記プラズマ閉じ込め構造体の前記側壁を介する、前記処理チャンバ内で生成されたプラズマのための接地への直接経路を遮るように構成される、プラズマライニング構造体。

【請求項 11】

請求項 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は、上部と、前記側壁を表す垂直部と、底部と、前記垂直部から延びる 1 つ以上の環状突部とを有する E シュラウドであり、

10

20

30

40

50

前記上部および隣接する第1の環状突部は、その間に位置する第1の空間を画定するように構成され、前記底部および隣接する第2の環状突部は、その間に位置する第2の空間を画定するように構成され、一対の隣接する環状突部は、その間に位置する対応する第3の空間を画定するように構成され、

前記複数のセクションの1つ以上のセクションからなる第1の群は、前記第1の空間に配置され、それにより前記側壁の前記内面の対応する部分を覆い、

前記複数のセクションの1つ以上のセクションからなる第2の群は、前記第2の空間に配置され、それにより前記側壁の前記内面の対応する部分を覆い、

前記複数のセクションの1つ以上のセクションからなる第3の群は、前記対応する第3の空間に配置され、それにより前記側壁の前記内面の対応する部分を覆う、プラズマライニング構造体。

10

【請求項12】

請求項11に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記第1の群、前記第2の群、および前記第3の群の少なくとも1つは、その間に位置するギャップを画定するように構成されている少なくとも一対の隣接するセクションを含み、前記ギャップは、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させる、プラズマライニング構造体。

【請求項13】

処理チャンバで生成されたプラズマを上部電極と下部電極との間に画定されているプラズマ領域に閉じ込めるために、前記処理チャンバで用いるためのプラズマ閉じ込め構造体であって、

20

内面を有する環状垂直側壁と、

前記内面の少なくとも1つ以上の部分に適合し、覆うように構成されている複数のセクションを含むプラズマライニング構造体であって、前記複数のセクションは、前記プラズマ閉じ込め構造体および前記プラズマライニング構造体が前記処理チャンバ内に配置されたときに前記複数のセクションが前記プラズマ領域に直面するように、前記プラズマ領域と前記側壁との間に位置するように構成される、プラズマライニング構造体と、を備え、

一対の隣接するセクションは、その間に位置するギャップを画定するように構成され、前記ギャップは、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させる、プラズマ閉じ込め構造体。

30

【請求項14】

請求項13に記載のプラズマ閉じ込め構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は円形であり、前記複数のセクションは、前記側壁の前記内面の全体を実質的に覆うリングを形成するように構成され、各対の隣接するセクションは、連結境界面で互いに結合される、プラズマ閉じ込め構造体。

【請求項15】

請求項13に記載のプラズマ閉じ込め構造体であって、

各セクションはさらに、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出するように構成されている1つ以上の窓を含み、前記1つ以上の窓によって露出された前記対応する部分は、前記側壁を介するプラズマのための接地への直接経路を提供する、プラズマ閉じ込め構造体。

40

【請求項16】

プラズマ領域内で生成されたプラズマを前記プラズマ領域に閉じ込めるのに用いるための処理チャンバであって、

前記処理チャンバの上部に配置され、ガス源から前記処理チャンバに処理ガスを供給するように構成されている上部電極であって、電気的に接地される上部電極と、

前記処理チャンバの底部に配置され、前記上部電極の反対側に配向されて、その間に位置する前記プラズマ領域を画定する下部電極であって、前記下部電極は、ウエハを支持するための支持面を含み、対応する整合ネットワークを介して複数の高周波（RF）電源に

50

接続される下部電極と、

前記上部電極と前記下部電極との間に配置され、前記プラズマを前記プラズマ領域に閉じ込めるように構成されているプラズマ閉じ込め構造体であって、内面を有する環状垂直側壁を含むプラズマ閉じ込め構造体と、

前記内面の少なくとも1つ以上の部分と適合し、そこを覆うように構成されている複数のセクションを含むプラズマライニング構造体であって、前記複数のセクションは、前記プラズマ閉じ込め構造体および前記プラズマライニング構造体が前記処理チャンバ内に配置されたときに前記複数のセクションが前記プラズマ領域に直面するように、前記プラズマ領域と前記側壁との間に位置するように構成される、プラズマライニング構造体と、を備え、

一対の隣接するセクションは、その間に位置するギャップを画定するように構成され、前記ギャップは、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させる、処理チャンバ。

【請求項17】

請求項16に記載の処理チャンバであって、

前記プラズマライニング構造体は、誘電体材料および石英の少なくとも一方からなり、前記複数のセクションは、前記処理チャンバ内で生成された前記プラズマのための前記側壁を介する接地への直接経路を遮るように構成される、処理チャンバ。

【請求項18】

内面を有する環状の垂直側壁を有するプラズマ閉じ込め構造体と共に用いるためのプラズマライニング構造体であって、

前記垂直側壁の前記内面の少なくとも1つ以上の部分に適合し、覆うように構成されている複数のセクションであって、プラズマライニング構造体および前記プラズマ閉じ込め構造体が処理チャンバ内に配置されたときに前記複数のセクションがプラズマ領域に直面するように、前記処理チャンバの前記プラズマ領域と前記垂直側壁との間に位置するように構成されている、複数のセクションを備え、

各セクションは、前記垂直側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させるように構成されている1つ以上の窓を含み、前記1つ以上の窓によって露出された前記対応する部分は、前記垂直側壁を介して接地へのプラズマの直接経路を提供する、プラズマライニング構造体。

【請求項19】

処理チャンバで生成されたプラズマを上部電極と下部電極との間に画定されているプラズマ領域に閉じ込めるために、前記処理チャンバで用いるためのプラズマ閉じ込め構造体であって、

内面を有する環状の垂直側壁と、

前記内面の少なくとも1つ以上の部分に適合し、覆うように構成されている複数のセクションを含むプラズマライニング構造体であって、前記複数のセクションは、前記プラズマ閉じ込め構造体および前記プラズマライニング構造体が前記処理チャンバ内に配置されたときに前記複数のセクションが前記プラズマ領域に直面するように、前記プラズマ領域と前記垂直側壁との間に位置するように構成される、プラズマライニング構造体と、を備え、

各セクションは、前記垂直側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させるように構成されている1つ以上の窓を含み、前記1つ以上の窓によって露出された前記対応する部分は、前記垂直側壁を介して接地へのプラズマの直接経路を提供する、プラズマ閉じ込め構造体。

【請求項20】

プラズマ領域内で生成されたプラズマを前記プラズマ領域に閉じ込めるのに用いるための処理チャンバであって、

前記処理チャンバの上部に配置され、ガス源から前記処理チャンバに処理ガスを供給するように構成されている上部電極であって、電氣的に接地される上部電極と、

10

20

30

40

50

前記処理チャンバの底部に配置され、前記上部電極の反対側に配向されて、その間に位置する前記プラズマ領域を画定する下部電極であって、前記下部電極は、ウエハを支持するための支持面を含み、対応する整合ネットワークを介して複数の高周波（RF）電源に接続される下部電極と、

前記上部電極と前記下部電極との間に配置され、前記プラズマを前記プラズマ領域に閉じ込めるように構成されているプラズマ閉じ込め構造体であって、内面を有する環状の垂直側壁を含むプラズマ閉じ込め構造体と、

前記内面の少なくとも1つ以上の部分と適合し、そこを覆うように構成されている複数のセクションを含むプラズマライニング構造体であって、前記複数のセクションは、前記プラズマ閉じ込め構造体および前記プラズマライニング構造体が前記処理チャンバ内に配置されたときに前記複数のセクションが前記プラズマ領域に直面するように、前記プラズマ領域と前記垂直側壁との間に位置するように構成される、プラズマライニング構造体と、を備え、

10

各セクションは、前記垂直側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させるように構成されている1つ以上の窓を含み、前記1つ以上の窓によって露出された前記対応する部分は、前記垂直側壁を介して接地へのプラズマの直接経路を提供する、処理チャンバ。

【発明の詳細な説明】

【発明の分野】

【0001】

20

本実施形態は、エッチング適用中のウエハ上のプラズマ密度を制御するためのシステムおよび装置に関する。

【背景技術】

【0002】

基板（例えば、ウエハ、平面パネル）は、集積回路、薄型表示装置などの電子機器を形成するために様々な種類の処理が施される。基板は処理チャンバ内に設置され、基板の表面を異なる化学物質に曝す異なる処理動作（プラズマエッチング、洗浄、堆積など）を受ける。例えば、プラズマエッチング動作中に、基板表面の選択部分がプラズマに曝露される。この部分は、プラズマエッチングがフォトリジストによって覆われていない下地材料を除去できるように、基板表面上にフォトリジストマスク層を設置し、基板をプラズマエッチングに曝すことにより、選択的に曝露される。

30

【0003】

エッチングは、従来、主に単一メモリセルが画定されている平面（すなわち、2次元）デバイス（例えば、メモリデバイス）を開発するために行われていた。これらのデバイスの製造コストを低減するために、製造者はメモリセルのサイズを縮小することにより平面デバイスの寸法調整を試みた。しかし、高密度を達成するための平面デバイスの寸法調整は、セル間干渉によりそれ自体に課題があり、それによりかかる平面デバイスの信頼性を低下させた。ウエハ上の限定的な物理的空間を最大化し、デバイスの製造コストを最小化し、信頼性のあるデバイスを提供するために、3次元（3D）デバイスが開発された。3D NANDデバイスにおいて、例えば、メモリセルは複数層に積層され、それによりウエハ上により多くのデバイスが画定されるようになる。3Dデバイスの利点は、垂直積層によりメモリセルが大型化して、記憶容量が増え信頼性が高まることである。

40

【0004】

しかし、3Dデバイスを生成するために用いられる誘電体エッチングの適用は、それ自体の課題を伴う。例えば、局所的小および大域的な傾斜を同時に制御することは、大きな課題である。アスペクト比の増加により、傾斜仕様はますます厳しくなっている。ウエハ全体における最良の傾斜を伴う方法にプロセスを集中させるために、傾斜の大域的制御が用いられる。ウエハ表面上の中央領域、中間領域、エッジ領域、および極エッジ領域を含む異なる領域における傾斜を微調整するために、傾斜の局所的制御が用いられる。現在利用可能な局所的傾斜制御の手法は、ウエハ表面の異なる領域にわたる傾斜仕様を満たすのに

50

不十分である。特に、ウエハのウエハエッジ領域における傾斜仕様を独立して制御することが非常に難しい。局所的傾斜を独立して制御するための様々な手法が試され、ある程度の成功を収めてきた。さらに、これらの手法はさらなる課題を提供する。例えば、プラズマを生成するためのRF周波数の変更、上部電極、特に、ウエハエッジ領域を覆う上部電極の一部の設計調節が試されたがほとんど成功せず、これらの手法は様々なレベルの課題をもたらしてきた。ウエハエッジにおける局所的傾斜を制御するために、プラズマ体積の変更、接地リングへの結合の変更、上部電極抵抗の増加などの他の手法も試みられたが、これらの手法の各々が独自の課題を抱えている。

【0005】

本開示に記載の実施形態は、このような背景の下生じたものである。

【発明の概要】

【0006】

エッチングの適用（高アスペクト比（HAR）の3次元（3D）エッチングの適用など）のによりウエハ上に形成された3Dデバイスの傾斜を制御するために、エッジプラズマ密度を調整するためのシステム、装置、および方法が提示される。この調整により、3Dデバイスの大域のおよび局所的傾斜の同時制御が可能となる。大域的傾斜制御は、ウエハ全体における最良傾斜を伴う方法にプロセスを集中させることを可能にし、局所的傾斜制御は、ウエハの中央領域、中間領域、エッジ領域、極エッジ領域などの様々な領域における傾斜の微調整を可能にする。エッチングの適用は、プラズマ閉じ込め構造体（Cシュラウドなど）を有する処理チャンバで実施され、プラズマ閉じ込め構造体は、処理チャンバに画定されているプラズマ領域内にプラズマを閉じ込める。プラズマライニング構造体は、ウエハ領域プラズマのために、プラズマ閉じ込め構造体の側壁の内面の少なくとも一部への視界を遮るように設けられ、それにより接地へのプラズマの経路が遮られる。

【0007】

プラズマライニング構造体は、プラズマ閉じ込め構造体の側壁への水平視界を遮りながら、プラズマの接地帰路を保護する。接地帰路は、上部電極（内側上部電極および外側上部電極）に沿って、プラズマ閉じ込め構造体を通して接地リングまで画定される。プラズマ閉じ込め構造体の大接地面（すなわち、側壁）への水平視界を排除することにより、プラズマ密度は、プラズマ領域内、特にウエハのエッジ領域に沿って大幅に抑制される。エッジ領域におけるかかるプラズマ密度の抑制は、エッジ領域におけるエッチング速度の均一性の局所的改善をもたらし、それによりウエハのエッジ領域における傾斜形状を改善する。

【0008】

様々な実施形態が提供できる。一実施形態では、プラズマ閉じ込め構造体であって、その側壁の内面の少なくとも一部を覆うためにプラズマライニング構造体を有するプラズマ閉じ込め構造体が提供される。この実施形態では、プラズマ閉じ込め構造体はCシュラウドであってよい。プラズマライニング構造体は、石英または任意の他の誘電体材料で作られてよい。プラズマライニング構造体によって覆われるプラズマ閉じ込め構造体の面積の変化も提供されてよい。例えば、プラズマ閉じ込め構造体の側壁の内面のみがプラズマライニング構造体によって覆われてよい。別の例では、プラズマに曝されるプラズマ閉じ込め構造体の内面全体がプラズマライニング構造体によって覆われてよい。さらに別の例では、プラズマ閉じ込め構造体の側壁の内面および上部の裏面のみがプラズマライニング構造体によって覆われてよい。別の例では、プラズマ閉じ込め構造体の側壁の内面および底部の上面のみがプラズマライニング構造体によって覆われてよい。

【0009】

別の実施形態では、異なる構造のプラズマ閉じ込め構造体の実装されてよい。例えば、プラズマ閉じ込め構造体はCシュラウドではなく、内側側壁に沿って画定されている複数の環状突部を有するEシュラウドであってよい。この例では、プラズマライニング構造体（例えば、石英部材）は、Eシュラウドの隣接する一対の環状突部の間、および、Eシュラウドの環状突部と上面および／または底面セクションとの間の空間に配置されて、Eシ

10

20

30

40

50

ュクラウドの側壁へのアクセスを十分に阻止してよい。別の実施形態では、プラズマライニング構造体は、Ｅシュクラウドの環状突部の表面および環状突部の間の側壁を含む、Ｅシュクラウドの内面を覆うために用いられてよい。プラズマライニング構造体の厚さは、プラズマ閉じ込め構造体の接地側壁へのプラズマの視界を十分に遮るように画定されてよい。プラズマライニング構造体は、２つ以上のセクションで構成されてよい。いくつかの実施形態では、２つ以上のセクションの各々は、プラズマ閉じ込め構造体の側壁の内面全体を実質的に覆うリングを形成するように構成される。かかる実施形態では、各セクションは、隣接するセクションと確実に連結されてよい。あるいは、隣接するセクションは、その間に位置するギャップを画定するように構成される。各セクションは、明確な配向で繰り返し搭載できるように、プラズマ閉じ込め構造体の異なる部分に結合されてもよい。

10

【００１０】

これらの特徴を一般的に理解した上で、以下に特定の実施形態が説明される。

【００１１】

一実施形態により、環状垂直側壁を有するプラズマ閉じ込め構造体と共に用いられるプラズマライニング構造体が開示される。側壁は内面を有する。プラズマライニング構造体は、側壁の内面の少なくとも１つ以上の部分に適合し、覆うように構成されている複数のセクションを備える。複数のセクションは、プラズマライニング構造体およびプラズマ閉じ込め構造体が処理チャンバ内に配置されたときは、処理チャンバのプラズマ領域と側壁との間に位置するように構成される。プラズマライニング構造体の複数のセクションは、プラズマ領域に直面するように配置される。

20

【００１２】

別の実施形態により、上部電極と下部電極との間に画定されている領域内で生成されたプラズマをそこに閉じ込めるために処理チャンバで用いられるプラズマ閉じ込め構造体が開示される。プラズマ閉じ込め構造体は、環状垂直側壁を備える。側壁は内面を有する。プラズマライニング構造体は、内面の少なくとも１つ以上の部分に適合し、そこを覆うように構成されている複数のセクションを備える。複数のセクションは、プラズマ閉じ込め構造体およびプラズマライニング構造体が処理チャンバ内に配置されたときは、プラズマ領域と側壁との間に位置するように構成される。複数のセクションは、プラズマ領域に直面するように配置される。

【００１３】

さらに別の実施形態において、プラズマ領域内で生成されたプラズマをそこに閉じ込める際に用いられる処理チャンバが開示される。処理チャンバは、上部に配置された上部電極を備える。上部電極はガス源に接続され、ガス源から処理チャンバにガスを提供するように構成され、電気的に接地される。また処理チャンバは、その底部に配置された下部電極を備える。下部電極は上部電極の反対側に向けられて、その間に位置するプラズマ領域を画定する。下部電極は、ウエハを受け取るための支持面を備え、対応する整合ネットワークを通じて複数の高周波（ＲＦ）電源に接続される。プラズマ閉じ込め構造体は、上部電極と下部電極との間に画定され、プラズマをプラズマ領域に閉じ込めるように構成される。プラズマ閉じ込め構造体は、環状垂直側壁を備える。側壁は内面を有する。プラズマライニング構造体は、内面の少なくとも１つ以上の部分に適合し、そこを覆うように構成されている複数のセクションを備える。複数のセクションは、プラズマ閉じ込め構造体およびプラズマライニング構造体が処理チャンバ内に配置されたときは、プラズマ領域に直面するようにプラズマ領域と側壁との間に位置するように構成される。

30

40

【００１４】

他の態様は、添付の図面と併せて記載される以下の説明から明らかになるだろう。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

実施形態は、添付の図面と併せて記載される以下の説明を参照して十分に理解されるだろう。

【００１６】

50

【図 1】一実施形態における、形成された 3D デバイスの傾斜を制御するためにウエハのエッジに沿ってプラズマ密度を調整するのに用いられる処理モジュールの簡易ブロック図。

【0017】

【図 2A】一実施形態における C シュラウドなどのプラズマ閉じ込め構造体であって、C シュラウドの側壁に沿って配置されたプラズマライニング構造体を備えるプラズマ閉じ込め構造体の断面図。

【0018】

【図 2B】別の実施形態におけるプラズマ閉じ込め構造体（例えば、C シュラウド）であって、C シュラウドの側壁に沿って配置された、複数の窓を有するプラズマライニング構造体を備える、プラズマ閉じ込め構造体の断面図。

10

【0019】

【図 3A】実施形態によるプラズマ閉じ込め構造体（例えば、C シュラウド）であって、C シュラウドの側壁を覆うプラズマライニング構造体の円弧状セクションを備える、プラズマ閉じ込め構造体の上面図。

【0020】

【図 3B】別の実施形態によるプラズマ閉じ込め構造体（例えば、C シュラウド）であって、互いに間隔を置いたプラズマライニング構造体の円弧状セクションを備える、プラズマ閉じ込め構造体の上面図。

【0021】

【図 4A】異なる実施形態による、プラズマ閉じ込め構造体（例えば、C シュラウド）の内面を裏打ちするために用いられるプラズマライニング構造体の構造図。

20

【図 4B】異なる実施形態による、プラズマ閉じ込め構造体（例えば、C シュラウド）の内面を裏打ちするために用いられるプラズマライニング構造体の構造図。

【図 4C】異なる実施形態による、プラズマ閉じ込め構造体（例えば、C シュラウド）の内面を裏打ちするために用いられるプラズマライニング構造体の構造図。

【図 4D】異なる実施形態による、プラズマ閉じ込め構造体（例えば、C シュラウド）の内面を裏打ちするために用いられるプラズマライニング構造体の構造図。

【0022】

【図 5A】一実施形態による、プラズマライニング構造体によって裏打ちされた C シュラウド形態のプラズマ閉じ込め構造体の例示的構造図。

30

【0023】

【図 5B】一実施形態による、プラズマライニング構造体によって裏打ちされた E シュラウド形態のプラズマ閉じ込め構造体の別の例示的構造図。

【0024】

【図 6】例示的な一実施形態におけるプラズマ閉じ込め構造体（例えば、C シュラウド）であって、C シュラウドおよびプラズマライニング構造体の様々な寸法を特定する C シュラウドの側壁を覆うプラズマライニング構造体を備える、プラズマ閉じ込め構造体の一部の断面図。

【0025】

【図 7】一実施形態による、ウエハのエッジを調整するために用いられるコンピュータシステムの簡易概略図。

40

【発明を実施するための形態】

【0026】

実施形態は、処理チャンバに受け入れられるウエハのエッジに沿ってプラズマ密度を調整するシステム、装置、および方法を提示する。この調整により、ウエハの表面上に画定されている 3 次元（3D）デバイスの傾斜形状を制御することが可能になる。処理チャンバは、その上部電極と下部電極との間に画定されているプラズマ領域にプラズマが閉じ込められた状態のプラズマエッチングチャンバであってよい。C シュラウドなどのプラズマ閉じ込め構造体が上部電極と下部電極との間に配置され、プラズマチャンバ内で生成されたプラズマをプラズマ領域に閉じ込めるために用いられる。プラズマライニング構造体は

50

、プラズマチャンバ内に配置されたプラズマ閉じ込め構造体の側壁の少なくとも内面を覆うように設けられる。プラズマライニング構造体は、ウエハの表面上に画定されている3Dデバイスの傾斜形状を改善するために、大域的傾斜および局所的傾斜を同時に制御することを助ける。大域的傾斜の制御は、ウエハ表面全体にわたる最良の傾斜を提供する方法にプロセスを集中させることを可能にする。局所的傾斜の制御は、ウエハの中央領域、中間領域、エッジ領域、および極エッジ領域を含む異なる領域の傾斜を微調整することを可能にする。プラズマライニング構造体は、プラズマ領域で生成されたプラズマの、プラズマ閉じ込め構造体の接地側壁への視界を遮ることにより、局所的傾斜の制御を可能にする。しかし、プラズマライニング構造体は、上部電極を介してプラズマ閉じ込め構造体から接地リングまで画定されている接地帰路を保護する。プラズマ閉じ込め構造体の大接地面（すなわち、広大な側壁）へのプラズマの視界を遮ることにより、プラズマ閉じ込め構造体内のプラズマの密度は、特にウエハのエッジにおいて大幅に抑制される。プラズマ密度の抑制は、エッジ領域におけるエッチング速度の均一性において局所的な改善をもたらす。ウエハ上に画定されている3Dデバイスの傾斜形状における改善をもたらす。プラズマライニング構造体は、プラズマ閉じ込め構造体の側壁の内面の少なくとも1つ以上の部分に適合し、そこを覆うように配置された複数のセクションから構成される。追加の微調整は、プラズマライニング構造体に窓を設けることにより、または、プラズマライニング構造体の各対の隣接するセクション間のギャップを制御することにより、実施できる。窓またはギャップのサイズは、必要な微調整の量に基づいて画定されてよい。局所的傾斜の制御は、ウエハエッジ領域に限定されず、ウエハの中央領域、中間領域、および極エッジ領域などの他の領域でも行われうる。

【0027】

Cシュラウドなどのプラズマ閉じ込め構造体を用いるエッチングのいくつかの方法では、局所的傾斜の制御は課題が多い。また、アスペクト比および密度の増加により、傾斜仕様はますます厳しくなっている。大域的傾斜の制御は、ウエハ全体にわたって最良の傾斜を画定するためのプロセスに集中することにより提供できる。しかし、処理チャンバの特定の属性を制御するために用いられる（動的「ノブ」の形で提供される）局所的傾斜の制御は、十分な局所的傾斜の制御を提供しない可能性がある。制御できる属性の例は、処理領域におけるギャップ、処理ガスの流量、プラズマの生成に用いられる周波数などを含む。「静的」チャンバ関連の属性の調節は、特にウエハのエッジ領域および極エッジ領域における局所的傾斜パフォーマンスでごくわずかな改善しか示さなかった。いくつかの静的チャンバ関連の属性は、内部電極、外部電極、処理チャンバで用いられるエッジキット、接地リングへの連結器、上部電極抵抗率などの構造／形状を含む。チャンバ関連の属性に加えて、プロセスレシピ関連の属性（プラズマ閉じ込め構造体（例えば、Cシュラウド）におけるプラズマ体積など）への調節は、特にウエハのエッジ領域および極エッジ領域における局所的傾斜パフォーマンスでごくわずかな改善しか示さなかった。RF電力の周波数調整（例えば、60メガヘルツのRF電源の調整）などの異なる属性を別々に調整することは、大域的傾斜の制御において改善を提供するが、わずかな局所的傾斜の制御しか提供しないことを示した。

【0028】

プラズマ閉じ込め構造体の側壁とプラズマ領域との間に導入されたプラズマライニング構造体は、接地へのプラズマの水平視界（照準線）を遮ることにより、局所的傾斜の制御に改善を提供することに役立つ。プラズマライニング構造体は、プラズマ閉じ込め構造体の内側に画定されているプラズマ領域において、特にウエハエッジのプラズマ密度を抑制する。プラズマライニング構造体は2つ以上のセクションを備え、各対の隣接するセクションは、連結境界面で互いに接続される。加えて、プラズマライニング構造体は、整合ピン、固定ピン、または接合面を用いて、プラズマ閉じ込め構造体の異なる部分と連結または結合してよい。プラズマライニング構造体の異なるセクションの連結は、処理チャンバに組み付けられたときに、明確で繰り返し可能な配向を可能にする。個々のプラズマライニング構造体は、プラズマの直接視界を遮る1つの方法である。プラズマ閉じ込め構造体

の側壁に結合されたプラズマライニング構造体を有するハイブリッドプラズマ閉じ込め構造体など、視界を遮る別の方法も提供できる。プラズマライニング構造体は、石英または任意の他の誘電体材料で作られてよい。

【0029】

発明の実施形態を一般的に理解した上で、ここで様々な図面を参照して様々な実施形態の例示的な詳細が説明される。本実施形態がこれらの特定の詳細の一部または全てなしで実施されてよいことは明らかだろう。他の例では、本実施形態を必要以上に分かりにくくしないように、周知のプロセス動作は詳細には説明されていない。

【0030】

図1は、ウエハ表面上でプラズマエッチングを実施するように構成されている処理モジュール100を表す。一実施形態では、処理モジュール100は、容量結合プラズマ処理システムであってよい。容量結合プラズマ処理システムは、他のハードウェア（例えば、コンピュータ／コントローラなど）に加えて、プラズマを生成するための処理チャンバ（または、単に「チャンバ」と呼ばれる）106を備える。それに応じて、チャンバ106は容量結合誘電体チャンバであってよく、シャワーヘッドなどの上部電極110、および、台座または静電チャック（ESC）などの下部電極（すなわち、ウエハ支持モジュール）104を備える。図1に示した実施形態では、シャワーヘッド110は接地状態で示され、ウエハ支持モジュール104は複数のRF電源124a～124dに結合されている。別の実施形態では、シャワーヘッド110はバイアスされてよい、または第2のRF電源（図示せず）に結合されてよい、および給電されてよい。一実施形態では、シャワーヘッド110は、内側シャワーヘッド110a、および、内側シャワーヘッド110aの両側に配置された外側シャワーヘッド110bを備えてよい。例えば外側シャワーヘッド110bは、ウエハ支持モジュール104に受け取られるウエハのエッジを超えてプラズマ領域を拡大するのに用いられてよい。シャワーヘッド110は1つ以上のガス源128に接続され、1つ以上のガス源128は次にコントローラ122に結合される。コントローラ122は信号を生成して、RF電源124a～124dに、ウエハ支持モジュール104を給電するためのRF信号を提供させ、ガス源128に、プラズマを生成するために所望の処理ガスをチャンバ106のプラズマ領域120に注入させてよい。所望の処理ガスは、コントローラ122によって制御されるチャンバ106で用いられるプロセスレシピに基づいてよい。プラズマは、チャンバ106に注入された処理ガス、および、RF電源124a～124dによって提供されたRF電力を用いて、上部電極（すなわち、シャワーヘッド）110と下部電極（ウエハ支持モジュール）104との間に画定されているプラズマ領域120において生成される。プラズマは、ウエハの表面をエッチングするため、または、チャンバ106の異なる表面に形成された堆積物を揮発させるために用いられてよい。

【0031】

エッジリング132は、ウエハ102がウエハ支持モジュール104に受け取られたときにウエハに隣接するようにウエハ支持モジュール104の上に配置される。チャンバ側壁は、チャンバ106の横方向の長さに沿って延びる。チャンバ106のチャンバ側壁に沿って画定されているアクセス窓（図示せず）は、ウエハをチャンバ106に対して出し入れするのに用いられる。Cシュラウドなどのプラズマ閉じ込め構造体140は、上部電極110と下部電極（すなわち、ウエハ支持モジュール）104との間に画定され、プラズマをプラズマ領域120内に閉じ込めるために用いられる。Cシュラウド140は、上部、底部、および側壁を表す垂直部を含む。側壁は、上部の第1の端と底部の第1の端との間に延びる。上部の第2の端は、上部電極110の底面に結合され、Cシュラウドの底部の第2の端は、接地リング133に結合される。いくつかの実施形態では、接地リング133は、可撓性導電ストラップを介してCシュラウドの底部に接続されてよい。

【0032】

RF電源124a～124dは、プラズマを生成するために、異なる周波数のRF電力を供給して下部電極を給電するように構成されてよい。いくつかの実施形態では、RF電

10

20

30

40

50

力は、400キロヘルツ（KHz）、2メガヘルツ（MHz）、27MHz、および／もしくは60MHz、またはこれらの組み合わせで供給できる。当然のことながら、これらの周波数は例として提供され、プラズマを生成するために導電力のある他の周波数が用いられてもよい。RF電力は、対応する整合ネットワーク125aおよび125bを通じてチャンバ106に提供される。RF電力によって生成されたプラズマは、最も抵抗が少ない接地への経路を見つけようとする。高周波RF信号（2MHz、27MHz、および60MHzの周波数信号など）は、破線103で示されるように、上部電極（110aおよび110b）を通り、Cシュラウド140の側壁を下り、接地リング133を通して接地まで進むことにより、接地までの最短経路を取る。場合によっては、高周波RFプラズマの一部は、Cシュラウド140の側壁への水平「視界」経路に従ってもよい。400KHz信号などの低周波RF信号について、RFプラズマのほとんどは、破線107で示されたように、Cシュラウド140の側壁に向かう水平視界に従う。側壁は、大部分のプラズマに対して大規模接地面を提供するが、プラズマの一部は上部電極を通り、プラズマの他の部分はCシュラウド140の底部に画定されているスロットを通じて逃げる。RFプラズマが取る水平経路は、ウエハのエッジに沿ってプラズマ密度の増加を引き起こし、ウエハに形成されたデバイス、特にウエハのエッジおよび極エッジに形成されたデバイスに著しい傾斜が生じる。デバイスにおける傾斜は、ウエハ表面全体の傾斜仕様に影響する。

【0033】

傾斜を制御し、ウエハの傾斜仕様を満たすために、プラズマ閉じ込め構造体（すなわち、Cシュラウド）140の少なくとも側壁の内面に沿ってプラズマライニング構造体を挿入することにより、接地へのプラズマの視界が遮られる。プラズマライニング構造体は、一実施形態では石英製である。別の実施形態では、プラズマライニング構造体は誘電体材料で被覆されている。プラズマライニング構造体は、Cシュラウド140の内側、特にウエハエッジにおけるプラズマ密度を大幅に抑制する。このプラズマ密度の修正により、ウエハエッジ領域に沿って局所的にエッチング速度の均一性が改善され、続いてウエハエッジ領域の傾斜形状が改善される。

【0034】

プラズマライニング構造体は、処理チャンバの属性もしくはプロセスレシピ関連の属性を調節するように設計された、従来の動的「ノブ」または設定によって提供された改善量よりも優れた局所的傾斜の制御を提供する。RF電力の周波数を独立して調整することで、優れた大域的傾斜の制御が実現したが、局所的傾斜の制御にはわずかな影響しかなかった。一方で、プラズマライニング構造体は、ウエハエッジだけでなくウエハの他の領域においても向上した局所的傾斜の制御を提供した。

【0035】

ポンプ126は、エッチング動作中に発生した処理ガスおよび／または副生成物をチャンバ106から排出するために、チャンバ106に結合される。ポンプ126は、その機能を制御するためにコントローラ122に結合される。

【0036】

コントローラ122は、プロセッサ、メモリ、集積回路、ソフトウェアロジック、ハードウェアロジック、入出力サブシステムを備える。コントローラは、命令を受信し、信号／命令を発信し、エンドポイント測定を可能にし、チャンバ106の様々な構成部品と通信し、チャンバ106内で実行されるエッチング動作の様々な様子を監視および制御するように構成される。コントローラ122は、チャンバ106を含む複数のチャンバを備える、クラスタツールなどの基板処理システムの一部であってよい。その結果、コントローラ122は、クラスタツールのそれぞれのチャンバ内で実行されるプロセス動作の様々な様子を個別に通信、監視、および制御するために、クラスタツール内の各チャンバに結合されてよい。コントローラ122は、クラスタツールの異なるチャンバ内で実施される異なるプロセスの様々な動作パラメータのための複数の設定点を含む1つ以上のレシピを備える。様々な動作パラメータは、電圧、電流、周波数、圧力、流量、電力、温度などに相当してよい。コントローラは、処理要件および／またはシステムの種類に応じて、様々な

10

20

30

40

50

プロセス動作を制御するようにプログラムされてよい。プロセス動作のいくつかは、処理ガスの供給、温度設定（例えば、加熱および／または冷却）、圧力設定、真空設定、電力設定、無線周波数（RF）発生器の設定、RF整合回路の設定、周波数設定、流量設定、流体供給設定、位置動作設定、チャンバおよび他の搬送モジュールおよび／またはクラスタツールの特定のモジュールに接続もしくは結合されたロードロックに対するウエハ搬入出の設定を含む。

【0037】

コントローラ122の集積回路は、プログラム命令を記憶するファームウェア形式のチップ、デジタル信号プロセッサ（DSP）、特定用途向け集積回路（ASIC）として定義されるチップ、および／または、プログラム命令（例えば、ソフトウェア）を実行する1つ以上のマイクロプロセッサもしくはマイクロコントローラを含んでよい。プログラム命令は、様々な個別設定（または、プログラムファイル）の形でコントローラに伝達される命令であり、半導体ウエハ上でもしくは半導体ウエハ向けに、またはシステムに対して特定のプロセス（エッチング動作など）を実行するための動作パラメータを定義してよい。いくつかの実施形態では、動作パラメータは、1つ以上の処理工程を実現するために、プロセスエンジニアによって定義されるレシピの一部であってよい。処理工程は、ウエハにおける1つ以上の回路および／または金型の製造時に、ウエハの表面における層の形成、層の除去、材料（金属、酸化物、シリコン、二酸化シリコンなど）の堆積を含んでよい。

【0038】

いくつかの実施形態では、コントローラは、システムと一体化またはネットワーク接続されたコンピュータの一部であってよい、またはそのコンピュータに結合されてよい。例えば、コントローラは、ウエハ上に回路を画定するためのクラスタツール（すなわち、基板処理システム）の処理動作のリモートアクセスおよび制御を可能にする「クラウド」内にあってよい、またはファブホストコンピュータシステムの全てもしくは一部であってよい。コンピュータは、現在の製造動作の進捗状況を監視するようにシステムへのリモートアクセスを可能にしてよい。コンピュータはまた、過去の製造動作の経歴を調査し、複数の製造動作から傾向または性能基準を調査して、現在の処理のパラメータを変更する、または現在の処理に続く処理工程を設定する、または新しいプロセスを開始する。いくつかの例では、リモートコンピュータ（例えば、サーバ）は、ローカルネットワークまたはインターネットを含むネットワークを通じて、プロセスレシピをシステムに提供できる。リモートコンピュータは、次にリモートコンピュータからシステムに伝達されるパラメータおよび／もしくは設定のエントリまたはプログラミングを可能にするユーザインタフェースを含んでよい。いくつかの例では、コントローラは、1つ以上のプロセス動作の間に実施される処理工程の各々のパラメータを特定する命令をデータの形で受信する。パラメータは、実施されるプロセスの種類、および、コントローラが接続するもしくは制御するように構成されているクラスタツールまたはプロセスモジュールの種類に固有であってよいことを理解されたい。コントローラは、例えば互いにネットワーク接続された1つ以上の別々のコントローラを備えることと、本明細書に記載のプロセスおよび制御などの共通の目的に向けて協働することとによって分散されてよい。かかる目的で分散されたコントローラの例は、遠隔に（例えば、プラットフォームレベルで、またはリモートコンピュータの一部として）位置し、協働してチャンバ106におけるプロセスを制御する1つ以上の集積回路と連通する、チャンバ106上の1つ以上の集積回路だろう。

【0039】

ウエハをエッチングするためのプロセスモジュール100に加えて、基板処理システムは、無制限に、堆積チャンバもしくは堆積モジュール、スピンリンスチャンバもしくはスピンリンスモジュール、金属めっきチャンバもしくは金属めっきモジュール、洗浄チャンバもしくは洗浄モジュール、ベベルエッジエッチングチャンバもしくはベベルエッジエッチングモジュール、物理蒸着（PVD）チャンバもしくはPVDモジュール、化学蒸着（CVD）チャンバもしくはCVDモジュール、原子層堆積（ALD）チャンバもしくはALDモジュール、原子層エッチング（ALE）チャンバもしくはALEモジュール、イオ

10

20

30

40

50

ン注入チャンバもしくはイオン注入モジュール、トラックチャンバもしくはトラックモジュール、または、半導体ウエハの製作および／もしくは製造において関連もしくは使用できる任意の他の半導体処理システムを含んでよい。

【0040】

上記のように、コントローラは、ツールによって実施されるプロセス工程に応じて、他のツール回路もしくはモジュール、他のツール構成部品、クラスタツール、他のツールインタフェース、隣接するツール、近接するツール、製造設備全体に設置されたツール、工場内のツール、メインコンピュータ、別のコントローラ、または、半導体製造設備においてツール位置および／もしくはロードポートに対してウエハ容器を搬入出する材料搬送に用いられるツール、のうちの1つ以上と連通してよい。

【0041】

図2Aおよび図2Bは、プラズマライニング構造体150を有するプラズマ閉じ込め構造体（Cシュラウド140など）の様々な構成部品を特定する断面図を表し、プラズマライニング構造体150は、プラズマ閉じ込め構造体（すなわち、Cシュラウド）140の側壁とプラズマ領域120との間に配置されている。プラズマライニング構造体150は、局所的傾斜の制御を提供するのに用いられる。図2Aおよび図2Bに示されたCシュラウド140は、チャンバ106内で生成されたプラズマをプラズマ領域120に実質的に閉じ込めるためにプラズマ領域120を取り囲む円形構造である。Cシュラウド140は、上部141、底部143、および、Cシュラウド140の上部141の第1の端と底部143との間に延びる側壁142によって表される垂直部をそれぞれ含む。一実施形態では、Cシュラウド140の底部143は、第2の端に下向きの伸長部を含む。下向き伸長部は、可撓性導電ストラップを介してチャンバ106の下部電極に画定されている接地リング133に接続する。複数のスロット145は、Cシュラウド140の底部143に沿って画定される。スロット145は、プラズマおよび副生成物がプラズマ領域120から逃れるための障害のない経路を提供するためにサイズ決めされる。いくつかの実施形態では、各スロット145の幅「w1」は、約1.5mmから約3mmに画定される。いくつかの実施形態では、Cシュラウドの側壁142の外側高さ「h1」は、約1インチ（2.54センチメートル）から約3インチ（7.62センチメートル）に画定される。プラズマ閉じ込め構造体（例えば、Cシュラウド）140の側壁142の外側高さh1は、1つのチャンバ106から別のチャンバによって異なってよく、時にチャンバ106内で実施されるプロセスの種類に依存してよいことを理解されたい。同様に、幅w1は、処理チャンバで用いられる処理ガスの種類に基づいて画定されてよい。

【0042】

図2Aは、プラズマライニング構造体150を備えるプラズマ閉じ込め構造体（例えば、Cシュラウド）140の一部分を表し、プラズマライニング構造体150は、プラズマ閉じ込め構造体140（すなわち、Cシュラウド）の側壁142の少なくとも内面を裏打ちするように設けられ、プラズマライニング構造体150の内面がプラズマ領域120に直面するようにCシュラウド140の側壁142とプラズマ領域120との間に位置する。側壁142は環状形状である。プラズマライニング構造体150は、Cシュラウドの側壁142の内面の1つ以上の部分に適合し、そこを覆う複数のセクションから構成される。いくつかの実施形態では、複数のセクションは2つ以上の円弧状セクションを含み、その円弧形状はCシュラウド140の円形状に適合する。円形のプラズマライニング構造体150の複数のセクションは、高さが垂直側壁142の内面を裏打ちするように延びる。一実施形態では、プラズマライニング構造体150の2つ以上の円弧状セクションは、Cシュラウド140の側壁142全体を完全に覆う連続リングを形成する。Cシュラウド140の形状は、その側壁142の内径がその上部141および底部143の両方の内径よりも大きくなるようになっているため、プラズマライニング構造体150の2つ以上のセクションは、側壁142の内面を裏打ちするようにチャンバ106の内側に取り付けられる。

【0043】

いくつかの実施形態では、一対の隣り合う円弧状セクションは、連結境界面 152 を形成するために互いに接続するように設計される。加えて、各円弧状セクションは、結合機構または連結機構（例えば、C シュラウド 140 のそれぞれのセクションに画定される固定ピン、整合ピン、または嵌合伸長部）を用いて、C シュラウド 140 の底部 143、上部 141、または側壁 142 に結合されてよい。結合機構は、嵌合伸長部、整合ピン、または固定ピンに限定されず、他の種類／形態の連結器を含むように拡大できる。連結および／または結合機構は、プラズマライニング構造体の一対の隣接するセクションが C シュラウド 140 のスロットと位置が合うことを可能にする。加えて、2 つ以上のセクションは互いに、および C シュラウドに固定されて、各セクションが明確な向きで繰り返し搭載できるように、各セクションが特定の位置および配向で受け入れられることを確実にする。

【0044】

10

いくつかの実施形態では、プラズマライニング構造体 150 は、RF 結合を低減するように石英で作られる。プラズマライニング構造体 150 に用いられる材料は石英に限定されず、石英と同じまたは類似の熱特性および導電特性を有する任意の他の材料を用いることができる。例えば、プラズマライニング構造体 150 は誘電体材料で作られてよい。誘電体材料は、非金属断熱材である。図 2A に示された実施形態では、C シュラウド 140 はシリコン製である。プラズマライニング構造体 150 は、2 つ以上のセクションがプラズマ領域 120 に直面するように配置される。その結果、プラズマライニング構造体 150 は、チャンバ 106 内で常にプラズマに曝されるため、消耗部品である。

【0045】

20

図 2B は、C シュラウド 140 の側壁 142 の内面を裏打ちするのに用いられるプラズマライニング構造体 150 ' の別の実施形態を表す。プラズマライニング構造体は複数のセクションから構成され、各セクションは複数のセグメントを有する。複数のセグメントは、C シュラウド 140 の垂直部 142 を覆うように構成されている垂直セグメント、C シュラウド 140 の上部 141 の裏面を覆うように構成されている上部セグメント、および、C シュラウド 140 の底部 143 の上面を覆うように構成されている底部セグメントを含んでよい。底部セグメントは、プラズマライニング構造体 150 ' が処理チャンバ内に取り付けられたときに C シュラウド 140 の底部に画定される複数のスロットと位置が合う複数のライナスロットを備えてよい。この実施形態では、プラズマライニング構造体 150 ' の各セクションは、垂直セグメントに沿って画定されている 1 つ以上の窓 155 を備える。窓 155 は、窓 155 に位置が合う C シュラウドの側壁 142 の対応部分をプラズマに曝露することにより、RF プラズマの接地への直接経路を提供する。窓 155 は、側壁 142 の所望量の接地面をプラズマに曝露するようにサイズ決めされる。いくつかの実施形態では、窓 155 の数および位置は、ウエハの異なる領域において最適なプラズマ密度を有するように、ウエハの異なる領域で実施される調整のレベルによって決定される。

30

【0046】

図 3A および図 3B は、いくつかの例示的な実施形態における、側壁 142 の内面を裏打ちするように画定されているプラズマライニング構造体 150 を備える C シュラウド 140 の上面斜視図を提供する。プラズマライニング構造体 150 は、プラズマ閉じ込め構造体 140 の形状に一致する、または適合するように配置された 2 つ以上のセクションを備える。一実施形態では、プラズマ閉じ込め構造体（例えば、C シュラウド）140 は環状であり、プラズマライニング構造体 150 の複数のセクションは、C シュラウド 140 の側壁 142 全体を覆う完全円を形成するように配置される。C シュラウド 140 の側壁の内径は、プラズマ閉じ込め構造体（例えば、C シュラウド）140 の上部（141）および底部（143）の半径よりも大きいいため、プラズマライニング構造体 150 の 2 つ以上のセクションは処理チャンバの内部に受け入れられ、取り付けられる。図 3A の例では、プラズマライニング構造体 150 は 4 つのセクション（セクション 1 ~ 4）で構成される。各セクションは、連結境界面で隣接するセクションに結合される。例えば、4 つのセクションの各々は、連結境界面 152 を形成するために、隣接するセクションの補完的くぼみまたは凹部と確実に嵌合するリップ（すなわち、伸長部（「タブ」とも呼ばれる））

40

50

を備える。例えば、セクション１は、外径部に沿って画定されているリップまたは伸長部１５６を有してよい。隣接する要素であるセクション２は、内径部に画定されている補完的くぼみまたは凹部１５３を有し、セクション１の第１の端に画定されているリップ１５６がセクション２の第１の端に画定されている補完的くぼみ１５３と結合して連結境界面１５２を形成できるようになってよい。同様に、セクション１の第２の端に画定されているリップ１５６は、セクション３の補完的くぼみ１５３と結合できる。この例では、セクション２およびセクション３は類似した断面形状を有するように示され、互いに対向して配置される。セクション１およびセクション４は類似した断面形状を有するように示され、互いに対向して配置される。さらに、セクション１はセクション２およびセクション３の第１の端に隣接し、セクション４はセクション２およびセクション３の第２の端に隣接する。プラズマライニング構造体１５０のセクションの数は単なる例として提供され、Ｃシュラウド１４０の側壁１４２の内面を裏打ちするためにより少数または多数のセクションが用いられてよいことに注意されたい。連結境界面を画定するためにリップおよびくぼみが用いられるいくつかの実施形態では、１つのセクションのリップが隣接するセクションの補完的くぼみと結合できるように、セクションの数は偶数であってよい。

【００４７】

図３Ｂは、プラズマライニング構造体１５０が、Ｃシュラウド１４０の側壁１４２の内面を覆うように分配された３つのセクション（セクション１～３）を備える、別の実施形態を表す。この実施形態では、セクションは均一の大きさであり、各セクションは隣接するセクションから間隔を空けて、特定の幅のギャップが画定される。各セクションのサイズは小さいため、連結境界面を必要とせずにＣシュラウド１４０の内面を裏打ちするようにセクションを取り付けることは容易である。その結果、図３Ｂには連結境界面は示されていない。プラズマライニング構造体１５０に窓を含む実施形態（すなわち、図２Ｂに示された実施形態）と同様に、近接または隣接する２つのセクションの間のギャップは、Ｃシュラウド１４０の側壁１４２の一部をプラズマに曝し、それによりプラズマに接地への直接経路を提供する。セクションの数およびサイズ、ならびにギャップのサイズは、プラズマ閉じ込め構造体１４０の接地側壁１４２の大部分がプラズマの接地への経路を遮りながら、接地側壁１４２へのいくつかの曝露をプラズマに提供するように画定される。図３Ｂには、一対の近接または隣接するセクション間のギャップが、ギャップの存在を説明するために著しく大きく示されている。実際には、プラズマ閉じ込め構造体１４０の側壁１４２のごく一部のみがプラズマに曝されるように、ギャップはもっと狭くてよい。さらに、セクションの数は単なる例として提供され、Ｃシュラウド１４０の側壁の内面を裏打ちするためにより少数または多数のセクションが用いられてよい。

【００４８】

図４Ａ～４Ｄは、プラズマ閉じ込め構造体（Ｃシュラウド１４０など）の内面を裏打ちするように配置できるプラズマライニング構造体１５０の様々な構成を表す。プラズマ閉じ込め構造体１４０は、上部１４１、底部１４３、および、上部１４１の第１の端から底部１４３の第１の端に延びる側壁１４２で表される垂直部を含む。上部１４１の第２の端は上部電極の側壁に結合され、底部１４３の第２の端は接地リングに結合される。各構成において、プラズマライニング構造体１５０は、Ｃシュラウド１４０の側壁１４２の少なくとも内面を完全に覆うようにチャンバ１０６内に取り付けられた、または、一対の隣接するセクション間にギャップを含む、２つ以上のセクションを備える。プラズマライニング構造体１５０の各セクションは、一実施形態では円形であるＣシュラウド１４０の形状に一致または適合するように円弧状である。各セクションは、高さのために延びる垂直セグメントを含む複数のセグメントを備えてよい。垂直セグメントの高さは、セクションがチャンバ１０６内に取り付けられたときに、各セクションが配置されたＣシュラウド１４０の側壁の一部を実質的に覆うように、Ｃシュラウド１４０の側壁１４２の内側高さに基づく。プラズマライニング構造体１５０の内面は、チャンバ１０６におけるその位置により、チャンバ１０６内で常にプラズマに曝されるため、限定的な寿命を有する消耗部品である。寿命に達した後は、既存のプラズマライニング構造体１５０は廃棄され、新しいプ

ラズマライニング構造体 150 が C シュラウド 140 内の所定位置に取り付けられる。

【0049】

図 4 A は、プラズマライニング構造体 150 が、C シュラウド 140 の側壁 142 の内面全体を覆う垂直セグメントのみを備える一実施形態を表す。これは、図 2 A ~ 2 B および図 3 A ~ 3 B を参照して説明した実施形態と同様である。プラズマライニング構造体 150 の垂直セグメントの高さは、プラズマライニング構造体 150 の上面と C シュラウド 140 の上部 141 の裏面との間にギャップが画定され、このギャップが、チャンバ 106 内におけるプラズマライニング構造体 150 の設置および取り付けを可能にするほど小さく十分であるように、C シュラウド 140 の側壁の内側高さ未満になるように構成される。

10

【0050】

図 4 B は、プラズマライニング構造体 150 が、上部 141 の裏面、側壁 142、および底部 143 の上面を備えるプラズマ閉じ込め構造体（すなわち、C シュラウド）140 の内面全体を覆う、別の実施形態を表す。プラズマ閉じ込め構造体 140 は環状形状である。C シュラウド 140 の内面を覆うようにプラズマライニング構造体 150 が容易に取り付けられるために、プラズマライニング構造体 150 は 2 つ以上のセクションで構成される。例えば、プラズマライニング構造体 150 は、図 3 A に示されたように、完全円を形成するようにプラズマ閉じ込め構造体の環状形状に適合するように配置された 4 つのセクション（セクション 1 ~ 4）から構成されてよく、各セクションはプラズマ閉じ込め構造体 140 の内面の一部を覆う。あるいは、プラズマライニング構造体 150 は、図 3 B に示されたように、任意の一对の隣接するセクションの間に画定されているギャップを有するプラズマ閉じ込め構造体 140 の環状形状に沿って配置されたセクション 1 ~ 3 から構成されてよく、各セクションはプラズマ閉じ込め構造体 140 の内面の一部を覆う。各セクションは複数のセグメントを備えてよい。図 4 B に示された例では、各セクションは、上部 141 の裏面および C シュラウド 140 の側壁 142 の内面の両方を覆う第 1 のセグメント 150 a と、底部 143 の上面および C シュラウド 140 を接地リング 133 に接続する下向き伸長部を覆う第 2 のセグメント 150 b との、2 つのセグメントから構成される。各セグメントは、嵌合伸長部および固定ピンなどを含みうる結合機構を用いて C シュラウド 140 の対応する表面に結合される。この実施形態では、第 2 のセグメント 150 b は、C シュラウド 140 の底部 143 に画定されている対応するスロットと位置が合う複数のライナスロットを備える。

20

【0051】

別の実施形態（図示せず）では、各セクションは、C シュラウド 140 の上部 141 の裏面を覆う上部セグメント、側壁（すなわち、垂直部）142 の内面を覆う垂直セグメント、ならびに、C シュラウド 140 の底部 143 の上面および下向き伸長部を覆う底部セクションの、3 つのセグメントを備えてよい。底部セグメントは、C シュラウド 140 の底部 143 の対応するスロットと位置が合う複数のライナスロットを備える。セクションの数および各セクションのセグメント数は例として示され、より少数または多数のセクションおよびセグメントが提供されてもよい。セクション／セグメントを互いに、および C シュラウド 140 の対応する表面と固定するために、固定ピン、適合ピン、または嵌合伸長部が用いられてよい。

30

40

【0052】

図 4 C は、プラズマライニング構造体 150 が、C シュラウド 140 の上部 141 の裏面および側壁 142 の内面のみを覆うように設計された、別の構成を表す。この構成では、プラズマライニング構造体 150 の各セクションは 2 つのセグメントから構成され、第 1 のセグメント 151 は、C シュラウド 140 の上部 141 の裏面を覆い、第 2 のセグメント 154 は、側壁 142 の内面を覆う。図 4 C に示された構成では、各セグメントは C シュラウド 140 の特定の平面部を覆うように画定される。例えば、第 1 のセグメント 151 は C シュラウド 140 の水平部を覆い、第 2 のセグメント 154 は C シュラウド 140 の垂直側壁を覆う。実施形態は図 4 C の構成に限定されず、側壁 142 の内面を覆う第

50

2のセグメント154のための追加セグメントを含みうる。例えば、第2のセグメント154は、連結境界面を形成するように結合する第1のサブセグメントおよび第2のサブセグメントを含んでよい。

【0053】

図4Dは、プラズマライニング構造体150が、Cシュラウド140の底部143の上面および側壁142の内面のみを覆うように設計された、異なる構成を表す。図4Bを参照して説明した構成のように、プラズマライニング構造体150の底部は、Cシュラウド140の底部143に画定されている対応するスロットと位置が合う複数のライナスロットを備える。さらに、プラズマライニング構造体150の各セクションは、2つ以上のセグメントを備えてよい。例えば、第1のセグメント150b'はCシュラウド140の底部143の上面を覆い、第2のセグメント154'は側壁142の内面を覆ってよい。2つ以上のセクションを互いに、およびCシュラウド140の対応する表面と確実に固定するために結合機構が用いられる。図4A～4Dに示された様々な構成の各々は、Cシュラウド140の側壁142の少なくとも内面を覆うプラズマライニング構造体150を定義し、いくつかの構成はCシュラウド140の追加の内面を覆う。本明細書で説明された様々な構成は、接地への直接経路を提供するCシュラウド140の側壁142への少なくともプラズマの水平視界を遮る。

【0054】

図4A～4Dに示された様々な構成は、2つ以上のセクションが、Cシュラウド140の側壁142の少なくとも内面全体を覆う完全円を形成するように配置された、プラズマライニング構造体150を定義する。あるいは、2つ以上のセクションが、一對の隣接するセクション間にギャップを伴ってCシュラウド140の円形壁に沿って配置されてよい。加えて、これらの構成は、Cシュラウド140の側壁142を覆うプラズマライニング構造体150の垂直部に1つ以上の窓が画定されている実施形態に拡大されてもよい。

【0055】

図5Aは、一実施形態において、プラズマ閉じ込め構造体140の内面全体を覆うように取り付けられた複数のセクションを有するプラズマライニング構造体150の垂直断面図を表す。プラズマ閉じ込め構造体140は、Cシュラウド140として示されている。Cシュラウド140の内面を覆うプラズマライニング構造体150は、3つのセグメントを備えるように示されている。例えば、第1のセグメント150aは、Cシュラウド140の上部141の裏面および側壁142の内面を覆う。第2のセグメント150b1は、Cシュラウド140の底部143の上面の一部を覆うように画定される。第2のセグメント150b1に覆われた上面部分は、側壁142から、スロット145を備えるセクションの始まりまで延びる。第3のセグメント150b2は、底部143の上面の残りの部分、および、Cシュラウド140を接地リング133に接続する下向き伸長部を覆うように画定される。図5Aに示された実施形態では、第2のセグメント150b1は、第1のセグメント150aが受け入れられるCシュラウド140の側壁142に隣接する部分に、くぼみを備えてよい。第3のセグメント150b2は、Cシュラウド140の底部143の対応するスロット145（図中の破線）と位置が合う複数のライナスロット（図中の破線）504を備える。固定ピン506は、第3のセクション150b2に画定されているライナスロット504およびCシュラウド140の底部143のスロット145を中央に置くように、第3のセクション150b2をCシュラウド140の底部143に位置合わせするために用いられる。いくつかの実施形態では、プラズマライニング構造体150の様々なセクションをCシュラウド140に位置合わせするために、合計3つの固定ピンが用いられてよい。側壁142がCシュラウド140の底部143とは別の部分として定義される実施形態では、側壁142を底部143に固定するための留め具があってもよい。Cシュラウド140の下向き伸長部は一定の表面形状を有してよく、プラズマライニング構造体150の第3のセグメント150b2の下向き伸長部は、Cシュラウド140の下向き伸長部の表面形状に適合する、またはそこを補足するように設計される。

【0056】

プラズマライニング構造体150がCシュラウド140の内面全体を覆う実施形態（例えば、図4Bおよび図5Aに示された実施形態）では、Cシュラウド140はアルミニウム製であってよく、プラズマライニング構造体は石英製であってよい。石英は非金属断熱材である。プラズマライニング構造体150がCシュラウドの内面の一部のみを覆う実施形態（例えば、図4A、図4C、および図4Dに示された実施形態）では、Cシュラウドはシリコン製であってよく、プラズマライニング構造体150は石英製であってよい。あるいは、プラズマライニング構造体は、任意の他の誘電体材料（すなわち、非金属断熱材）で作られてよい。Cシュラウド140の厚さは、プラズマは十分に抑制するが副生成物および処理ガスが逃げるための換気は遮らないように画定される。同様に、プラズマライニング構造体150の厚さは、確実にチャンバ106内で生成されたRFプラズマの水平視界をプラズマライニング構造体150が十分に遮ることができるように画定されてよい。一実施形態では、プラズマライニング構造体150の厚さは、約1/4インチ（0.635センチメートル）から約3/4インチ（1.905センチメートル）であってよい。プラズマライニング構造体150がCシュラウド140の内面全体、または底部143および側壁142のみ、または上部141および側壁142のみを裏打ちする場合は、プラズマライニング構造体150の厚さは異なる部分に沿って均一であってよい。他の実施形態では、プラズマライニング構造体150の厚さは、Cシュラウド140の側壁142に沿って第1の厚さであり、上部141の裏面または底部143の上面を覆う表面に沿って第2の厚さであってよい。かかる実施形態では、第1の厚さは第2の厚さよりも大きく、Cシュラウド140の接地側壁面142へのRFプラズマの経路を十分に遮るように画定される。

10

20

【0057】

プラズマライニング構造体150の厚さは、プラズマライニング構造体150が所望の許容量を維持することが確実にできるように画定される。プラズマライニング構造体150がCシュラウド140の側壁142の内面のみを覆う実施形態では、プラズマライニング構造体150の上面とCシュラウド140の上部141の裏面との間にギャップが存在する可能性がある。このギャップは、チャンバ106内におけるプラズマライニング構造体150の異なるセクションの設置および取り付けを可能にする程度に十分小さくなるように画定される。いくつかの実施形態では、このギャップは、一実施形態において大きさが約1/12インチ（2.1082センチメートル）から約1/20インチ（0.127センチメートル）であってよい。プラズマライニング構造体150の高さは、チャンバ106で用いられるCシュラウド140の高さによって画定され、チャンバ106で実施されるエッチングプロセスの種類に応じて異なってよい。

30

【0058】

図5Bは、プラズマ閉じ込め構造体の別の実施形態の断面図を表す。この実施形態では、プラズマ閉じ込め構造体は「Eシュラウド」140'の形である。Eシュラウド140'は、上部141'、底部143'、ならびに、上部（141'）および底部（143'）の第1の端の間に延びる側壁142'を備える。上部141'の第2の端は上部電極の裏面に結合され、底部の第2の端は設置リングに結合される。Eシュラウド140'の上部および底部は、Cシュラウド140の上部（141）および底部（143）と同じである。しかし、側壁142'は、Cシュラウド140の側壁142とは異なる。Eシュラウド140'の側壁142'は、側壁142'の内面からチャンバ106の中央に向かって水平内向きに延びる複数の環状突部144を備える。環状突部144は、Eシュラウド140'の側壁142'の長さに沿って均等に配置される。内向きに延びる環状突部144の長さは、Eシュラウド140'の底部143'に画定されているライナスロットを通じてプラズマが逃げるための障害のない経路を提供するように画定される。各環状突部144の厚さは、一実施形態ではEシュラウド140'の側壁142'、ならびに／または上部（141'）および底部（143'）と一致してよい。別の実施形態では、各環状突部144の各々の厚さは、Eシュラウド140'の上部（141'）および底部（143'）の厚さよりも小さくてよい、または大きくてよい。Eシュラウド140'の底部143'は、プラズマがプラズマ領域から逃

40

50

げることができるように複数のスロット 145' を備える。環状突部 144 の長さは、E シュラウド 140' の底部 143' に沿って画定されているスロット 145' を通じてプラズマが逃げるための障害のない経路を提供するように画定されてよい。

【0059】

E シュラウド 140' の環状突部 144 は、上部 141' と隣接する環状突部（すなわち、上部 141' の直下の環状突部）との間に第 1 の空間が画定されるように画定される。第 2 の空間は、E シュラウド 140' の底部 143' と隣接する環状突部（すなわち、底部 143' の直上の環状突部）との間に画定される。対応する第 3 の空間は、任意の一对の隣接する環状突部の間に画定される。

【0060】

プラズマライニング構造体 150' は、E シュラウド 140' の側壁 142' へのアクセスを十分に遮るために、環状突部と上部との間に画定されている第 1 の空間、環状突部と底部との間に画定されている第 2 の空間、および任意の一对の環状突部 144 の間に画定されている第 3 の空間の各々に配置される。プラズマライニング構造体 150' が、底部と隣接する環状突部との間に画定されている第 2 の空間に配置される実施形態では、プラズマライニング構造体 150' のサイズは、プラズマがスロット 145' を通って逃げるための経路を提供するように画定されてよい。別の実施形態では、RF プラズマおよび副生成物がプラズマ領域から逃げるための障害のない経路を提供するように、底部 143' の上面はプラズマライニング構造体 150' が配置されない。さらに別の実施形態では、底部 143' の上面に画定されているプラズマライニング構造体 150' は、底部 143' に画定されている対応するスロットと位置が合うライナスロットを備えてよい。プラズマライニング構造体 150' の高さは、隣接する環状突部 144 の間の側壁の一部の高さと等しくなるように画定される。プラズマライニング構造体 150' が最上環状突部または底部 143' の上に受け取られたときは、プラズマライニング構造体 150' の高さは、E シュラウド 140' の環状突部 144 と上部（141'）または底部（143'）との間の側壁の高さと等しくなるように画定される。プラズマライニング構造体 150' は環状形状であり、2 つ以上のセクションで構成され、完全円を形成するために各環状突部間に画定されている側壁面全体を裏打ちするように構成されてよい、または、各対の隣接するセクション間にギャップを有するように設計されてよい。プラズマライニング構造体 150' が完全円を形成するように設計されたときは、各セクションは隣接するセクションと接続されて連結境界面を画定してよい。接続は、各セクションの裏面または任意の他の面に画定されている、固定ピン、整合ピン、嵌合面などの結合機構によって行われてよい。各セクションはさらに、固定ピン、整合ピン、嵌合面などによって E シュラウドの対応する表面に結合されてよい。一実施形態では、嵌合面は確実な嵌合のために、例えば E シュラウドの環状突部の上面または底部の上面に画定されている 1 つ以上のくぼみ、および、プラズマライニング構造体 150' の各セクションの表面に画定されている補足伸長部を備えるように画定されてよい。くぼみおよび伸長部は、各伸長部が確実に対応するくぼみに密着するようにサイズ決めされる。これらのくぼみ、伸長部、または結合機構は、繰り返し搭載するために確実な配向を提供するように、プラズマライニング構造体 150' の異なるセクションを互いに、および E シュラウド 140' の異なる表面に結合するために用いられる。

【0061】

図 6 は、C シュラウド 140 の側壁 142 の内面を裏打ちするプラズマライニング構造体 150 の簡易断面図を表す。いくつかの実施形態では、C シュラウド 140 の側壁 142 の幅は、約 1 $\frac{1}{4}$ インチ（すなわち、0.25 インチ（0.635 センチメートル））から約 3 $\frac{1}{4}$ インチ（すなわち、0.75 インチ（1.905 センチメートル））に画定される。例示的な C シュラウド 140 の側壁 142 の外側高さは、一実施形態では約 2 インチ（5.08 センチメートル）から約 2.5 インチ（6.35 センチメートル）に画定される。C シュラウド 140 の寸法は単なる例として提供され、限定的とみなされるべきでない。各処理チャンバで実施されるプロセスの種類に基づいて、異なる処理チャンバが異なる寸法の C シュラウド 140 を用いてよいことを理解されたい。一実施形態では、プ

10

20

30

40

50

ラズマライニング構造体 150 の幅は、約 1 / 8 インチ (0 . 3 1 7 5 センチメートル) から約 3 / 4 インチ (すなわち、 0 . 7 5 インチ (1 . 9 0 5 センチメートル)) になるように画定される。C シュラウド 140 の側壁 142 の内面を裏打ちするプラズマライニング構造体 150 の上面と、C シュラウド 140 の上部 141 の裏面との間にギャップが画定される。このギャップは、プラズマライニング構造体 150 が C シュラウド 140 内で定位置に動くことができるように設けられる。一実施形態では、このギャップは約 1 / 3 2 インチ (すなわち、約 0 . 0 3 1 インチ (0 . 0 7 8 7 4 センチメートル)) から約 1 / 4 インチ (すなわち、約 0 . 2 5 インチ (0 . 6 3 5 センチメートル)) になるように画定される。C シュラウド 140 (すなわち、プラズマ閉じ込め構造体) およびプラズマライニング構造体 150 の様々な構成部品の前記寸法は例として提供され、限定的とみなされるべきでない。C シュラウド 140 の高さおよび幅は、実施されるプロセスの種類、および、C シュラウド 140 が画定される処理チャンバの種類に応じて異なってよい。その結果、プラズマライニング構造体 150 の高さおよび幅、ならびに、プラズマライニング構造体 150 の上面と C シュラウド 140 の上部 141 の底面との間のギャップは、C シュラウド 140 の測定値に応じて変化してよい。寸法は C シュラウド 140 に関して提供されたが、同様の寸法が E シュラウド 140 ' に提供されてよい。

【 0 0 6 2 】

本明細書に記載の様々な実施形態は、ウエハの異なる領域における密度差に対処することにより、ウエハに画定されている 3 D デバイスの局所的傾斜の制御を提供する。密度差は、プラズマの接地面 (すなわち、C シュラウド 140 の側壁) への視界を遮るために石英ライナを設けることにより対処される。接地面への視界を遮ることは、ウエハのエッジ領域および極エッジ領域に沿ったプラズマ密度の大幅な抑制につながる。これにより、ウエハのエッジ領域および極エッジ領域における 3 D デバイスの局所的傾斜が制御される。ウエハの異なる領域におけるプラズマ密度の抑制量は、プラズマライニング構造体 150 に窓を追加することによって、またはギャップを画定することによって調整されてよい。窓またはギャップは、C シュラウド 140 の接地側壁のごく一部へのアクセスを提供する。接地側壁のごく一部へのアクセスにより、いくらかのプラズマが接地への直接経路を見つけることになり、窓 / ギャップに近接する領域 (すなわち、ウエハのエッジ領域および極エッジ領域) のプラズマ密度を調節することになるが、大部分のプラズマの接地への経路は、C シュラウド 140 の側壁の大部分を覆うプラズマライニング構造体 150 によって遮られる。窓の数およびサイズまたはギャップのサイズは、ウエハのエッジ領域を含む異なる領域において必要なプラズマ密度への調節量に基づいて画定されてよい。

【 0 0 6 3 】

設けられる窓の数は、プラズマライニング構造体 150 について対称となるように偶数であってよい。窓の数は、R F プラズマの接地への帰路を十分に遮るために、C シュラウド 140 の側壁の内面の大部分がプラズマライニング構造体 150 によって確実に覆われるように限定されることを理解されたい。処理チャンバで実施されるエッチングの種類、および、ウエハのエッジ領域または他の領域で必要なプラズマ抑制量に応じて、C シュラウド 140 の側壁の少なくとも内面を裏打ちするために適した数の窓を有するプラズマライニング構造体 150 が選択されてよい。適したプラズマライニング構造体 150 を選択することによる R F 結合の低減は、ウエハエッジにおける 3 D デバイスの傾斜形状において著しい改善をもたらす。エッジにおける 3 D デバイスの傾斜形状は、ウエハの中央における 3 D デバイスの傾斜形状と一致する。ウエハ表面に画定されるデバイスのアスペクト比の増加に伴い、エッジ領域における 3 D デバイスの傾斜形状の改善は優れた歩留まりをもたらす。

【 0 0 6 4 】

図 7 は、本開示の異なる構成部品のプロセスレシピおよび機能を制御するために処理チャンバに結合されうるコンピュータシステム 700 の簡易概略図である。本明細書に記載の方法は、従来の汎用コンピュータシステムなどのデジタル処理システムによって実施されてよいことを認識されたい。その一方で、一機能のみを実施できるように設計またはプ

プログラムされた専用コンピュータが用いられてよい。コンピュータシステムは、バス 710 を介して、ランダムアクセスメモリ (RAM) 706、読み出し専用メモリ (ROM) 712、および大容量記憶装置 714 に結合される中央処理装置 (CPU) 704 を備える。システムコントローラプログラム 708 は RAM 706 に常駐するが、大容量記憶装置 714 にも常駐できる。

【0065】

大容量記憶装置 714 は、ローカルまたはリモートでありうる、フロッピーディスクドライブまたは固定ディスクドライブなどの永続的データ記憶装置を表す。ネットワークインタフェース 730 は、ネットワーク 732 を介して接続を提供し、他のデバイスとの通信を可能にする。CPU 704 は、汎用プロセッサ、専用プロセッサ、または特別にプログラムされた論理デバイスにおいて具現化されてよいことを認識されたい。入出力 (I/O) インタフェースは、異なる周辺機器との通信を提供し、バス 710 を介して、CPU 704、RAM 706、ROM 712、および大容量記憶装置 714 と接続する。周辺機器の例は、表示装置 718、キーボード 722、カーソル制御装置 724、リムーバブルメディア装置 734 などを含む。

【0066】

表示装置 718 は、本明細書に記載のユーザインタフェースを表示するように構成される。キーボード 722、カーソル制御装置 (例えば、マウス) 724、リムーバブルメディア装置 734、および他の周辺機器は、コマンドの選択において情報を CPU 704 に通信するために I/O インタフェース 720 に結合される。外部デバイスとの間のデータは、I/O インタフェース 720 を通じて通信されてよいことを認識されたい。実施形態は、有線ベースまたは無線のネットワークを通じて接続される遠隔処理装置によってタスクが実施される、分散コンピューティング環境においても実施できる。

【0067】

実施形態は、ハンドヘルドデバイス、マイクロプロセッサシステム、マイクロプロセッサによるまたはプログラマブル家電、小型コンピュータ、メインフレームコンピュータなどを含む、様々なコンピュータシステム構成によって実施されてよい。実施形態は、ネットワークを通じて接続される遠隔処理装置によってタスクが実施される分散コンピューティング環境においても実施できる。

【0068】

上記の実施形態を念頭に、実施形態がコンピュータシステムに記憶されたデータを含む様々なコンピュータ実施動作を採用できることを理解されたい。これらの動作は、物理的数量の物理的操作を必要とする動作である。実施形態の一部を構成する本明細書に記載のあらゆる動作は、役に立つ機械動作である。実施形態は、これらの動作を実施するためのデバイスまたは装置にも関する。装置は、専用コンピュータなど、必要な目的のために特別に構成されてよい。特定用途向けコンピュータとして定義されたときは、コンピュータは、特殊目的のために動作することができる一方で、特殊目的の一部ではない他の処理、プログラム実行、またはルーチンを実行することもできる。あるいは、動作は、コンピュータメモリ、キャッシュに記憶された、またはネットワークを介して取得された 1 つ以上のコンピュータプログラムによって選択的に起動または構成されている汎用コンピュータによって処理されてよい。データがネットワーク上で取得されたとき、データは、ネットワーク上の他のコンピュータ (例えば、コンピューティングリソースのクラウド) によって処理されてよい。

【0069】

1 つ以上の実施形態は、コンピュータ可読媒体上にコンピュータ可読コードとして作成することもできる。コンピュータ読み取り可能媒体は、その後にコンピュータシステムによって読み取り可能なデータを記憶する任意のデータストレージデバイスである。コンピュータ可読媒体の例には、ハードドライブ、ネットワーク接続ストレージ (NAS)、読み取り専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、CD-ROM、CD-R、CD-RW、磁気テープ、ならびに他の光学および非光学データストレージデバイスが含まれる。コンピ

ュータ可読媒体は、コンピュータ可読コードが分散方式で記憶され実行されるように、ネットワーク結合コンピュータシステム上に分散されたコンピュータ可読有形媒体を含むことができる。

【0070】

方法動作が特定の順序で説明されたが、他のハウスキーピング動作が動作間で実行されてもよい、または、動作は、それらがわずかに異なる時間に発生することができるように調整されてもよい、または、オーバーレイ動作の処理が所望の方法で実行される限り、処理に関連する様々な間隔での処理動作の発生を可能にするシステムに分散されてもよいことを理解されたい。

【0071】

上記の実施形態は、理解を明確にする目的である程度詳細に説明されているが、添付の特許請求の範囲内で特定の変更および修正が行われてよいことは明らかだろう。従って、本実施形態は限定的でなく例示的とみなされるべきであり、開示の実施形態は本明細書に記載の詳細に限定されるべきでなく、添付の特許請求およびその同等物の範囲内で修正されてよい。

〔適用例1〕内面を有する環状垂直側壁を有するプラズマ閉じ込め構造体と共に用いるためのプラズマライニング構造体であって、

前記側壁の前記内面の少なくとも1つ以上の部分に適合し、覆うように構成されている複数のセクションであって、プラズマライニング構造体および前記プラズマ閉じ込め構造体が前記プラズマチャンバ内に配置されたときに前記複数のセクションがプラズマ領域に直面するように、処理チャンバの前記プラズマ領域と前記側壁との間に位置するように構成されている、複数のセクションを備える、プラズマライニング構造体。

〔適用例2〕適用例1に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記複数のセクションの各セクションは、円弧状である、プラズマライニング構造体。

〔適用例3〕適用例1に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記複数のセクションは、前記側壁の前記内面の全体を実質的に覆うリングを形成するように構成され、

各対の隣接するセクションは、連結境界面で互いに結合される、プラズマライニング構造体。

〔適用例4〕適用例1に記載のプラズマライニング構造体であって、

一对の隣接するセクションは、その間に位置するギャップを画定するように構成され、前記ギャップは、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させる、プラズマライニング構造体。

〔適用例5〕適用例1に記載のプラズマライニング構造体であって、

各セクションは、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させるように構成されている1つ以上の窓を含み、前記1つ以上の窓によって露出された前記対応する部分は、前記側壁を介して接地へのプラズマの直接経路を提供する、プラズマライニング構造体。

〔適用例6〕適用例1に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は、上部と、前記側壁を表す垂直部と、底部とを有するCシュラウドであり、

前記複数のセクションの各々は、前記垂直部を覆うように構成されている垂直セグメントと、前記上部の裏面を覆うように構成されている上部セグメントと、前記底部の上面を覆うように構成されている底部セグメントと、を含む複数のセグメントを含む、プラズマライニング構造体。

〔適用例7〕適用例6に記載のプラズマライニング構造体であって、

各セクションの前記底部セグメントは、前記Cシュラウドの前記底部に画定されている対応するスロットに位置の合う複数のライナスロットを含み、プラズマが前記プラズマ領域から逃げるための障害のない経路を提供するように構成される、プラズマライニング構造体。

10

20

30

40

50

〔適用例 8〕適用例 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は、アルミニウムおよびシリコンの少なくとも一方からなり、前記プラズマライニング構造体は、誘電体材料および石英の少なくとも一方からなる、プラズマライニング構造体。

〔適用例 9〕適用例 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は、上部と、前記側壁を表す垂直部と、底部とを有する C シュラウドであり、

前記複数のセクションの各々は、前記垂直部を覆うように構成されている垂直セグメントと、前記上部の裏面を覆うように構成されている上部セグメントと、を含む複数のセグメントを含む、プラズマライニング構造体。

10

〔適用例 10〕適用例 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は、上部と、前記側壁を表す垂直部と、底部とを有する C シュラウドであり、

前記複数のセクションの各々は、前記垂直部を覆うように構成されている垂直セグメントと、前記底部の上面を覆うように構成されている底部セグメントと、を含む複数のセグメントを含み、前記底部セグメントは、前記底部に画定されている対応するスロットに位置が合う複数のライナスロットを含む、プラズマライニング構造体。

〔適用例 11〕適用例 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記複数のセクションは、前記プラズマ閉じ込め構造体の前記側壁を介する、前記処理チャンバ内で生成されたプラズマのための接地への直接経路を遮るように構成される、プラズマライニング構造体。

20

〔適用例 12〕適用例 1 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は、上部と、前記側壁を表す垂直部と、底部と、前記垂直部から延びる 1 つ以上の環状突部とを有する E シュラウドであり、

前記上部および隣接する第 1 の環状突部は、その間に位置する第 1 の空間を画定するように構成され、前記底部および隣接する第 2 の環状突部は、その間に位置する第 2 の空間を画定するように構成され、一対の隣接する環状突部は、その間に位置する対応する第 3 の空間を画定するように構成され、

前記複数のセクションの 1 つ以上のセクションからなる第 1 の群は、前記第 1 の空間に配置され、それにより前記側壁の前記内面の対応する部分を覆い、

30

前記複数のセクションの 1 つ以上のセクションからなる第 2 の群は、前記第 2 の空間に配置され、それにより前記側壁の前記内面の対応する部分を覆い、

前記複数のセクションの 1 つ以上のセクションからなる第 3 の群は、前記対応する第 3 の空間に配置され、それにより前記側壁の前記内面の対応する部分を覆う、プラズマライニング構造体。

〔適用例 13〕適用例 12 に記載のプラズマライニング構造体であって、

前記第 1 の群、前記第 2 の群、および前記第 3 の群の少なくとも 1 つは、その間に位置するギャップを画定するように構成されている少なくとも一対の隣接するセクションを含み、前記ギャップは、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させる、プラズマライニング構造体。

40

〔適用例 14〕処理チャンバで生成されたプラズマを上部電極と下部電極との間に画定されているプラズマ領域に閉じ込めるために、前記処理チャンバで用いるためのプラズマ閉じ込め構造体であって、

内面を有する環状垂直側壁と、

前記内面の少なくとも 1 つ以上の部分に適合し、覆うように構成されている複数のセクションを含むプラズマライニング構造体であって、前記複数のセクションは、前記プラズマ閉じ込め構造体および前記プラズマライニング構造体が前記処理チャンバ内に配置されたときに前記複数のセクションが前記プラズマ領域に直面するように、前記プラズマ領域と前記側壁との間に位置するように構成される、プラズマライニング構造体と、を備える、プラズマ閉じ込め構造体。

50

〔適用例 15〕適用例 14 に記載のプラズマ閉じ込め構造体であって、

前記プラズマ閉じ込め構造体は円形であり、前記複数のセクションは、前記側壁の前記内面の全体を実質的に覆うリングを形成するように構成され、各対の隣接するセクションは、連結境界面で互いに結合される、プラズマ閉じ込め構造体。

〔適用例 16〕適用例 14 に記載のプラズマ閉じ込め構造体であって、

一対の隣接するセクションは、その間に位置するギャップを画定するように構成され、前記ギャップは、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出させる、プラズマ閉じ込め構造体。

〔適用例 17〕適用例 14 に記載のプラズマ閉じ込め構造体であって、

各セクションは、前記側壁の前記内面の対応する部分を前記プラズマ領域に露出するように構成されている 1 つ以上の窓を含み、前記 1 つ以上の窓によって露出された前記対応する部分は、前記側壁を介するプラズマのための接地への直接経路を提供する、プラズマ閉じ込め構造体。

10

〔適用例 18〕プラズマ領域内で生成されたプラズマを前記プラズマ領域に閉じ込めるのに用いるための処理チャンバであって、

前記処理チャンバの上部に配置され、ガス源から前記処理チャンバに処理ガスを供給するように構成されている上部電極であって、電氣的に接地される上部電極と、

前記処理チャンバの底部に配置され、前記上部電極の反対側に配向されて、その間に位置する前記プラズマ領域を画定する下部電極であって、前記下部電極は、ウエハを支持するための支持面を含み、対応する整合ネットワークを介して複数の高周波（RF）電源に接続される下部電極と、

20

前記上部電極と前記下部電極との間に配置され、前記プラズマを前記プラズマ領域に閉じ込めるように構成されているプラズマ閉じ込め構造体であって、内面を有する環状垂直側壁を含むプラズマ閉じ込め構造体と、

前記内面の少なくとも 1 つ以上の部分と適合し、そこを覆うように構成されている複数のセクションを含むプラズマライニング構造体であって、前記複数のセクションは、前記プラズマ閉じ込め構造体および前記プラズマライニング構造体が前記処理チャンバ内に配置されたときに前記複数のセクションが前記プラズマ領域に直面するように、前記プラズマ領域と前記側壁との間に位置するように構成される、プラズマライニング構造体と、を備える、処理チャンバ。

30

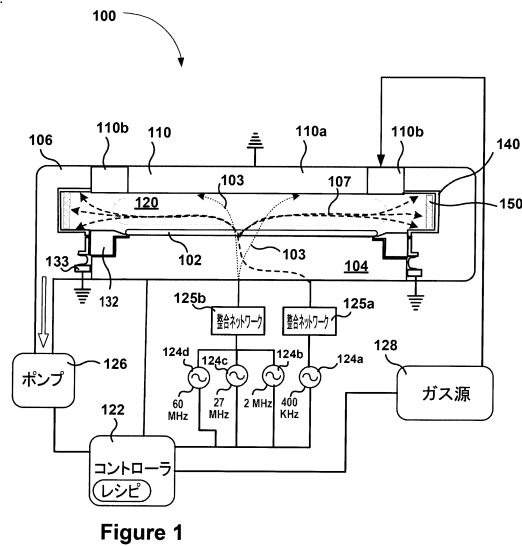
〔適用例 19〕適用例 18 に記載の処理チャンバであって、

前記プラズマライニング構造体は、誘電体材料および石英の少なくとも一方からなり、前記複数のセクションは、前記処理チャンバ内で生成された前記プラズマのための前記側壁を介する接地への直接経路を遮るように構成される、処理チャンバ。

40

50

【図面】
【図 1】



【図 2 A】

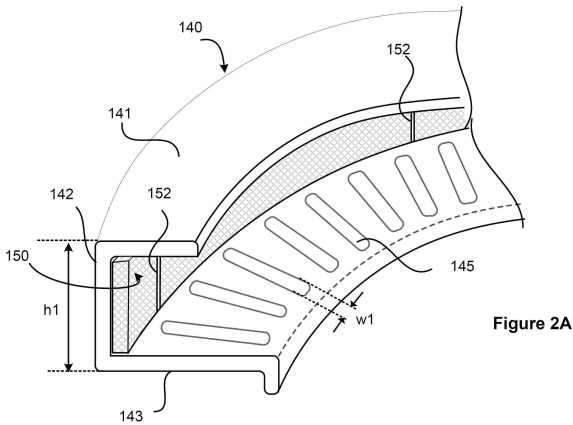


Figure 2A

【図 2 B】

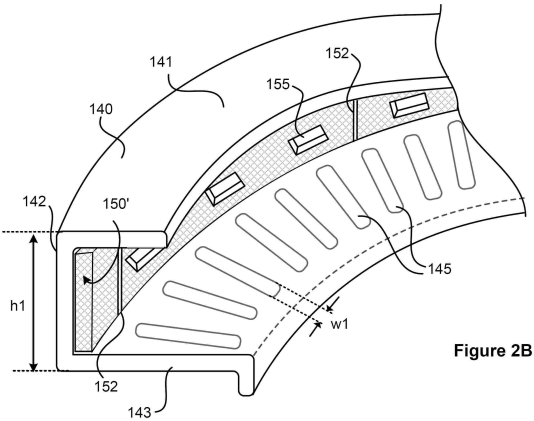


Figure 2B

【図 3 A】

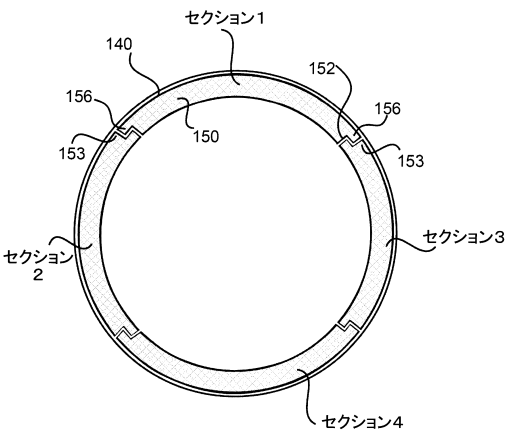


Figure 3A

【図 3 B】

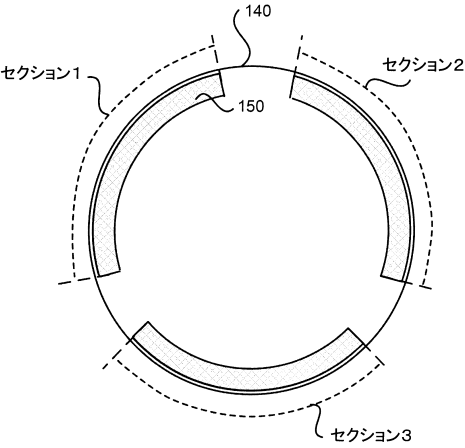
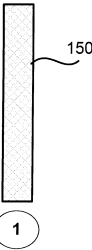


Figure 3B

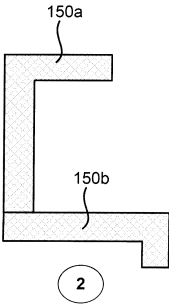
【図 4 A】



側壁を覆うライナ

Figure 4A

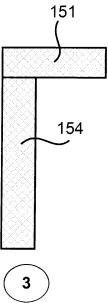
【図 4 B】



内側全体を覆うライナ

Figure 4B

【図 4 C】



上部の裏側および
側壁を覆うライナ

Figure 4C

10

20

30

40

50

【図 4 D】

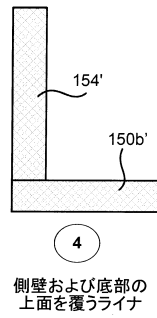


Figure 4D

【図 5 A】

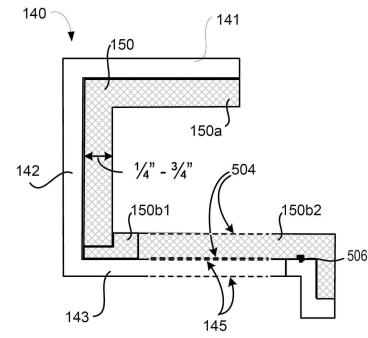


Figure 5A

【図 5 B】

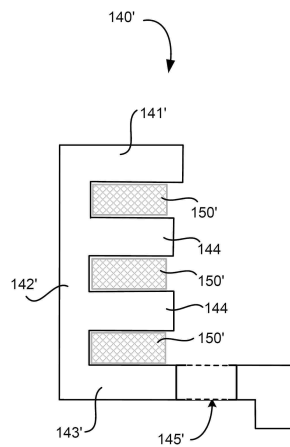


Figure 5B

【図 6】

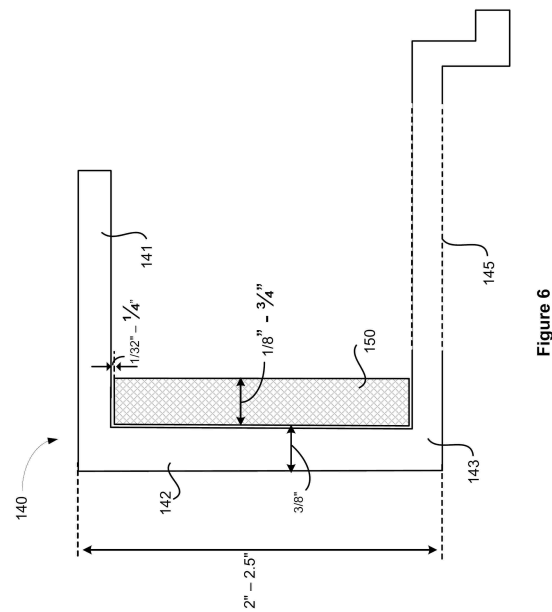


Figure 6

【図 7】

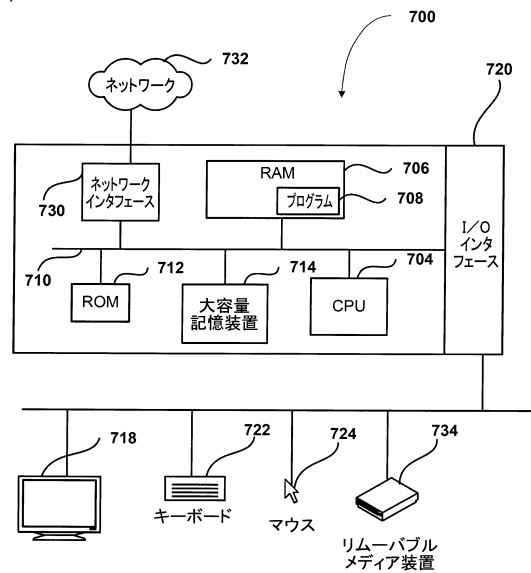


Figure 7

フロントページの続き

538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650

(72)発明者 キム・ジェウォン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州94538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650

(72)発明者 マンキディー・プラディック

アメリカ合衆国 カリフォルニア州94538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650

(72)発明者 柳川 匠

アメリカ合衆国 カリフォルニア州94538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650

(72)発明者 ウー・ドンジュン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州94538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650

(72)発明者 デラ・レラ・アンソニー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州94538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650

(72)発明者 ジン・ゼファ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州94538 フレモント, クッシング・パークウェイ, 4650

審査官 河合 俊英

(56)参考文献 特表2002-519863 (JP, A)

特開平08-148472 (JP, A)

特表2012-513095 (JP, A)

特開2015-038987 (JP, A)

特開2010-267981 (JP, A)

特開2018-088339 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46